

**PINTURAS ANTICORROSIVAS A BASE DE
POLVO DE CINC CON VEHICULO ORGANICO**

Dr. Walter O. Bruzzoni

Serie II, nº 192

* Trabajo realizado con subsidio del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Comunicaciones del mismo fueron presentadas al VII Simposio sobre Alterabilidad de Materiales, La Plata, 1967, y al 2nd. International Congress on Marine Fouling and Corrosion, Atenas, 1968.

INTRODUCCION

La revisión bibliográfica de los antecedentes existentes sobre las pinturas a base de polvo de cinc (1 a 9) nos permitió lograr un adecuado conocimiento de los fundamentos teóricos sobre los que se basa el mecanismo protector de estos materiales, de las características estructurales de la película, de las condiciones que debe reunir el sustrato metálico que va a recibir el tratamiento protector, etc.

La disparidad de criterios existente entre los diferentes investigadores (10) respecto del campo de aplicación más propicio para estas pinturas anticorrosivas, nos llevó a realizar una serie de experiencias previas (11), con carácter de orientación, para comprobar los fenómenos que tenían lugar y, en base a una observación crítica de los resultados, orientar nuestro plan de investigaciones.

Para cumplir tal finalidad, se prepararon nueve muestras de primers, empleando polvo de cinc de distinta procedencia, nacional e importado, dispersado en diferentes vehículos. Estos estuvieron constituidos por resina epoxídica, caucho clorado, caucho isomerizado y por un barniz a base de resina fenólica pura y aceite de tung. El cinc representaba el 93-94 por ciento de los sólidos, y las formulaciones incluían también antisedimentantes en la proporción de uno por ciento, calculada sobre sólidos de la pintura. En una de las muestras se substituyó 5 por ciento del cinc por aluminio de alto "leafing".

Las muestras mencionadas fueron ensayadas en balsa (zona de faja variable) en el puerto de Mar del Plata (12), y expuestas además a la intemperie en diferentes ambientes (La Plata y Mar del Plata). La tarea enunciada se completó con ensayos de laboratorio.

Los resultados de este estudio preliminar demostraron la acción desarrollada por el aluminio incorporado a una de las formulaciones, en el sentido de evitar la formación de ampollas en la película de pintura de terminación y mejorar la capacidad anticorrosiva del primer.

También se puso de manifiesto la función preponderante

que tiene la concentración de electrolitos en la formación de productos de corrosión del cinc, y la responsabilidad atribuída a la permeabilidad de la película de terminación, en la migración de estos productos a través de la misma.

Estas características que presentaban los primers de cinc frente a los ensayos en servicio nos estaban indicando un camino a seguir a fin de aumentar la capacidad protectora de los mismos. Se programó, por un lado, sustituir parcialmente el cinc por cantidades crecientes de aluminio, y por otro incrementar la impermeabilidad de la película de terminación, lo que podría lograrse en función de un aumento de espesor de la misma, de la modificación de la constitución de su vehículo, o de ambos factores a la vez.

FORMULACIONES Y PREPARACION DE LOS PANELES DE ENSAYO

Sobre esta base hemos formulado 21 nuevos primers, cuyas composiciones se consignan en la tabla I. Las características del cinc y del aluminio utilizados son las siguientes:

a) Composición del polvo de cinc

Zn, %..... 99,7
Pb, %..... 0,23

Forma de partícula: laminar

Tamaño de partícula: inferior a 10 micrones

b) Composición del polvo de aluminio:

Al, %..... 97,7
Fe, %..... 0,50

Forma de partícula: laminar

Retenido sobre tamiz nº 325, %: 0,4

Con los primers se prepararon paneles para realizar ensayos en balsa (zona de faja variable y carena), exposición a la intemperie en La Plata y en Mar del Plata y ensayos de laboratorio (Weather Ometer, cámara de niebla salina e inmersión en solución de cloruro de sodio al 3,5 %). Estos últimos tenían por objeto establecer una posible correlación de resul-

T A B L A I

COMPOSICION DE LAS PINTURAS DE CINCO

Pintura	Naturaleza del vehículo	Composición del pigmento
Z 1 **	Epoxy I/poliamida	Zn
Z 2	Epoxy I/poliamida	Zn - 5 % Al
Z 3	Epoxy I/poliamida	Zn - 10 % Al
Z 4 **	Epoxy II/poliamida	Zn
Z 5	Epoxy II/poliamida	Zn - 5 % Al
Z 6	Epoxy II/poliamida	Zn - 10 % Al
Z 7 **	Caucho clorado-parafina clorada	Zn
Z 8	Caucho clorado-parafina clorada	Zn - 5 % Al
Z 9	Caucho clorado-parafina clorada	Zn - 10 % Al
Z 10 **	Caucho isomerizado-difenilo clorado	Zn
Z 11	Caucho isomerizado-difenilo clorado	Zn - 5 % Al
Z 12	Caucho isomerizado-difenilo clorado	Zn - 10 % Al
Z 13 **	Barniz fenólico-tung	Zn
Z 14	Barniz fenólico-tung	Zn - 5 % Al
Z 15	Barniz fenólico-tung	Zn - 10 % Al
Z 16 **	Ester de resina epoxy I	Zn
Z 17	Ester de resina epoxy I	Zn - 5 % Al
Z 18	Ester de resina epoxy I	Zn - 10 % Al
Z 19 **	Ester de resina epoxy II	Zn
Z 20	Ester de resina epoxy II	Zn - 5 % Al
Z 21	Ester de resina epoxy II	Zn - 10 % Al

* Contenido de cinc: 93-94 % sobre sólidos; procedencia del cinc: Fábrica Argentina de Pigmentos.

** Muestras adicionadas de antisedimentantes en la proporción de 1 % calculada sobre sólidos.

tados con los ensayos en servicio.

Se empleó para los paneles chapa de acero de bajo carbono, que fue desengrasada con solvente y arenada. Sobre la misma se aplicaron los primers a pincel, con espesores de película que oscilan entre 40 y 50 micrones.

Para los paneles de línea de flotación (50 x 30 cm) se empleó como pintura de terminación la formulación A (tabla II), a base de barniz fenólico-tung con caucho clorado, aplicándose espesores correspondientes a 2 y 3 manos. Un duplicado de los paneles correspondientes a los primers a base de resina epoxídica (Z 1 a Z 6) y de ésteres epoxídicos (Z 16 a Z 21) fueron terminados con pintura de línea de flotación con vehículo epoxídico (formulación B, tabla II).

Los paneles de carena fueron terminados, anverso y reverso, con dos manos de pintura antiincrustante, formulación D (tabla II). En el reverso se aplicó previamente, y sobre la pintura de cinc, una mano de pintura intermedia, mate (formulación C, tabla II).

CONSIDERACIONES SOBRE LOS RESULTADOS

1. Características generales de los primers

En general, todas las muestras preparadas presentan buenas condiciones de trabajo aplicadas a pincel.

Los primers con vehículos a base de caucho clorado y de caucho isomerizado proporcionan un film de buen aspecto y uniforme (Z 7 a Z 12). En las restantes formulaciones, las que contienen mayor proporción de aluminio son las que presentan mayor cantidad de marcas de pincel.

En lo referente a las condiciones de conservación en el envase, los primers con vehículo a base de caucho clorado plastificado con parafina clorada (Z 7/Z 9) mantienen sus características originales luego de 4 meses de preparadas. En las restantes muestras se aprecia formación de gases.

Las condiciones de sustentación del pigmento se mejo-

T A B L A I I

COMPOSICION DE LAS PINTURAS DE TERMINACION PARA LINEA DE FLOTACION Y DE LAS PINTURAS INTERMEDIA Y ANTIINCRUSTANTE PARA CARENA

PINTURA A (línea de flotación): (g por 1 000 g de pintura)

Oxido férrico.....	250	Vehículo A:	
Barita.....	120	Resina fenólica-aceite de tung	
Vehículo A.....	544	Caucho clorado (Parlon 20 cP)	
Aguarrás mineral....	53	Difenilo clorado	
Tolueno.....	53	Disolventes y diluyentes	

PINTURA B (línea de flotación):

<u>Base:</u>		<u>Agente de curado:</u>	
Oxido férrico.....	230	Versamid 115.....	100
Barita.....	120	Isopropanol.....	50
Epikote 1 001.....	250	Tolueno.....	50
Oxitol.....	65		
Metil-etil-cetona...	65		
Xileno.....	70		

PINTURA C (intermedia para carena, mate):

Oxido férrico.....	231	Vehículo A:	
Barita.....	89	Resina fenólica-aceite de tung	
Estearato aluminio..	30	Caucho clorado (Parlon 20 cP)	
Vehículo A.....	544	Difenilo clorado	
Aguarrás mineral....	53	Disolventes y diluyentes	
Tolueno.....	53		

PINTURA D (antiincrustante):

Oxido cuproso	Colofonia plastificada
Oxido de mercurio	Aguarrás mineral
Arseniato mercurioso	Tolueno
Oxido de cinc	
Oxido férrico	

ran notablemente con el agregado de un antisedimentante (1 por ciento en peso). El aluminio no muestra mayor eficacia en ese sentido.

2. Ensayo de exposición al exterior

Pancles de acero arenados, de 15 x 30 cm, fueron pintados en ambas caras con los primers (40/50 micrones de película seca). El tercio superior de los mismos, para las pinturas Z 1 a Z 6 y Z 16 a Z 21 (epoxídicas y ésteres epoxídicos) fue recubierto con dos manos de la pintura para línea de flotación, formulación A; en el tercio central se aplicó la formulación B. En los restantes paneles (pinturas Z 7 a Z 15), correspondientes a los primers a base de caucho clorado e isomerizado y de barniz fenólico, se aplicó en los 2/3 superiores la formulación A.

La parte inferior quedó protegida sólo con el primer, con la finalidad de obtener en un tiempo relativamente corto, una información respecto a posibles diferencias en el comportamiento de los mismos. La oxidación que presentan todos los paneles en esta zona, luego de 3 meses de exposición en Mar del Plata indica que en climas marinos no deben usarse estos productos sin la protección de una pintura de terminación.

Observando los resultados de la tabla III, puede apreciarse que cuando se utilizó la pintura de terminación A y primers pigmentados exclusivamente con cinc, la pintura de línea de flotación presenta ampollado, y además en algunos casos, afloramiento de productos de corrosión del cinc. Si los primers incluyen aluminio en su formulación, sustituyendo parcialmente al cinc, estas alteraciones no ocurren.

Lo expuesto precedentemente mostraría la influencia del aluminio en el sentido de evitar las fallas indicadas, en un medio exterior agresivo como lo es el ambiente marino.

Con la pintura B, observamos que no aparecen fallas en ninguno de los paneles. Esto nos está indicando el mayor poder protector de esta pintura de terminación y la influencia del mismo sobre el de todo el sistema.

En el ensayo de exposición al exterior llevado a cabo en La Plata, no se presenta alteración en ninguno de los paneles, ni aún en aquella zona en que el primer queda expuesto sin la protección de la pintura de terminación. Estos re-

T A B L A I I I

EXPOSICION A LA INTEMPERIE, 9 MESES, CLIMA MARINO

Paneles terminados con pintura A, 2 manos

<u>Pintura</u>	<u>Anverso</u>	<u>Reverso</u>
Z 1	Regular ampollado bordes	Regular ampollado bordes
	Regular tizado	
Z 2	Regular tizado	Sin deterioro
Z 3	Regular tizado	Sin deterioro
Z 4	Poco ampollado bordes	Regular ampollado bordes
	Regular tizado	Prod. corrosión del cinc
Z 5	Regular tizado	Sin deterioro
Z 6	Regular tizado	Sin deterioro
Z 7	Regular ampollado bordes	Poco ampollado bordes
	Tizado- Prod.corros.cinc	
Z 8	Regular tizado	Sin deterioro
Z 9	Regular tizado	Sin deterioro
Z 10	Mucho ampollado	Mucho ampollado
	Tizado- Prod.corros.cinc	Prod. corrosión del cinc
Z 11	Regular tizado	Sin deterioro
Z 12	Regular tizado	Sin deterioro
Z 13	Regular ampollado	Sin deterioro
	Regular tizado	
Z 14	Regular tizado	Sin deterioro
Z 15	Regular tizado	Sin deterioro
Z 16	Poco ampollado bordes	Poco ampollado bordes
	Regular tizado	
Z 17	Regular tizado	Sin deterioro
Z 18	Regular tizado	Sin deterioro
Z 19	Regular ampollado bordes	Poco ampollado bordes
	Regular tizado	
Z 20	Regular tizado	Sin deterioro
Z 21	Regular tizado	Sin deterioro

* Los paneles terminados con pintura de línea de flotación B (Z 1/6 y Z 16/21) presentan como único deterioro regular tizado en el anverso.

tados, aunque no permiten establecer diferenciaciones entre los primers, hasta el momento, muestran que los productos ensayados se comportan bien en climas de características menos rigurosas que las del ambiente marino. Este comportamiento está corroborado, por otra parte, por resultados obtenidos con paneles correspondientes a ensayos preliminares, que cumplen en la actualidad tres años de exposición.

3. Ensayo en balsa (Puerto de Mar del Plata)

Los resultados obtenidos sobre los paneles ensayados a nivel de línea de flotación (inmersión parcial) correspondientes a un período de un año se indican en la tabla IV. Se aprecia que la mayoría de las formulaciones cumple la norma IRAM 1 185.

Dicha norma establece que los sistemas de línea de flotación deben reunir como mínimo 80 puntos en las siguientes observaciones:

Parte emergida:

Cambio de color.....	Máximo	5 puntos
Ampollado.....	"	10 puntos
Cuardeado.....	"	5 puntos
Desprendimiento.....	"	15 puntos
Oxidación del panel.....	"	35 puntos

Parte sumergida:

Desprendimiento.....	Máximo	5 puntos
Ampollado.....	"	5 puntos
Oxidación del panel.....	"	20 puntos

En caso de no presentarse una cualquiera de dichas fallas se asigna el máximo puntaje parcial indicado; cuando la misma está presente los puntos se reducen en proporción a su intensidad. Para que un panel pueda ser considerado en ningún caso debe tener una calificación de cero.

Para la zona de los paneles preparada con dos manos de pintura de terminación (espesor terminación 90 micrones), 15 de los 21 ensayados satisfacen la norma (no cumplen Z 1, Z 6, Z 9, Z 15, Z 16 y Z 19). Cuando el espesor de película aumenta como consecuencia de la aplicación de tres manos de pintura de línea de flotación (espesor 120 micrones), el número de sistemas que no cumple la norma queda reducido a cuatro (Z 9,

Z 15, Z 16 y Z 19). Además mejora el comportamiento de los sistemas restantes.

Estos resultados ponen de manifiesto el mejor comportamiento derivado del incremento del espesor de la película de pintura de terminación.

En la parte sumergida de los mismos paneles sólo se observa ampollado de la película cuando se emplean primers pigmentados exclusivamente con cinc y recubiertos con dos manos de pintura de línea de flotación. Esta falla desaparece cuando se aplican tres manos de pintura de terminación.

Estos resultados corroboran lo expuesto anteriormente en el sentido de que el aluminio incorporado en las formulaciones evita la formación de ampollas; además, el aumento del espesor de la película de terminación aumenta la capacidad protectora del sistema.

En la tabla V presentamos los resultados correspondientes a los paneles pintados con los primers Z 1 a Z 6 (resina epoxídica /poliamida) y Z 16 a Z 20 (ésteres epoxídicos), terminados con pintura B (2 manos, 60 micrones, o 3 manos, 80 micrones de espesor). Ninguno cumple la norma IRAM 1 185, ya que sin excepción aparece totalmente ampollada la película en la zona sumergida de la totalidad de los paneles (esta falla se observa ya a los 3 meses de inmersión). Además, en dicha zona aparece oxidación.

El 55 por ciento de los paneles muestra también marcada oxidación en la zona emergida; dicha oxidación avanza desde la línea de flotación, sin alcanzar el tercio superior del panel.

De lo expuesto se deduce que la baja resistencia electrolítica de la película de pintura de terminación B ha tenido una influencia dominante sobre el comportamiento de todo el sistema.

En lo referente a los ensayos sobre paneles de carena (en inmersión total), se utilizaron los siguientes espesores de película:

	<u>Anverso</u>	<u>Reverso</u>
Primer de cinc, micrones.....	40-50	40-50
Pintura intermedia C, micrones.....	---	30
Pintura antiincrustante D, micrones	100	100

T A B L A IV (1a. parte)

RESULTADOS DEL ENSAYO EN Balsa
(Paneles de faja de flotación, terminación pintura A)

Pintura:	Z 1	Z 2	Z 3	Z 4	Z 5	Z 6	Z 7	Z 8	Z 9	Z 10	Z 11	Z 12
<u>Parte emergida:</u>												
Cambio de color.....	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ampollado.....	4*	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Cuarteados.....	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Desprendimiento.....	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Oxidación:	14	35	21	35	35	28	35	21	14	35	35	35
2 m línea flotación.....	14	35	21	35	35	28	35	21	14	35	35	35
3 m línea flotación.....	35	35	28	35	35	35	35	28	14	35	35	35
<u>Parte sumergida:</u>												
Desprendimiento.....	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ampollado.....	2*	5	5	2*	5	5	4*	5	5	4*	5	5
Oxidado:												
2 m línea flotación.....	12	20	16	20	20	12	20	20	20	20	20	20
3 m línea flotación.....	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

* Ampollado en la zona recubierta con 2 manos de terminación; no hay ampollado en la zona con tres manos.

En ningún panel se observa afloramiento de productos de corrosión del cinc.

T A B L A I V (2a. parte)

RESULTADOS DEL ENSAYO EN BALSA

(Paneles de faja de flotación, terminación pintura A)

Pintura:	Z 13	Z 14	Z 15	Z 16	Z 17	Z 18	Z 19	Z 20	Z 21	Norma IRAM 1185
<u>Parte emergida:</u>										
Cambio de color.....	5	5	5	5	5	5	5	5	5	Máximo 5
Ampollado.....	10	10	6	10	10	10	10	10	10	10
Cuartado.....	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Desprendimiento.....	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Oxidado:										
2 m línea flotación....	21	35	14	21	28	28	28	35	35	35
5 m línea flotación....	28	35	14	28	28	35	35	35	35	35
<u>Parte sumergida:</u>										
Desprendimiento.....	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ampollado.....	4*	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Oxidado:										
2 m línea flotación....	16	20	12	12	16	16	8	20	20	20
5 m línea flotación....	20	20	20	12	16	16	12	20	20	20

* Ampollado en la zona recubierta con dos manos de pintura de terminación; no hay ampollado en la zona con tres manos.
En ningún panel se observa afloramiento de productos de corrosión del cinc.

Luego de un año de inmersión (setiembre 1966/67) se observó mucho ampollado en el anverso de todos los paneles, con desprendimiento de la pintura antiincrustante y fijación de fouling. Eliminada la película, pudo constatar-se una oxidación muy avanzada de la superficie metálica.

En el reverso de los mencionados paneles, la película de pintura se presenta sin deterioro y bien adherida; además está exenta de organismos incrustantes (salvo la presencia del velo bacteriano), índice esto último de que la pintura tóxica ha cumplido exitosamente su función.

Para la calificación de la oxidación, en los paneles de carena, la norma IRAM 1 185 establece que debe descartarse 1 cm a partir de cada uno de los bordes. La gradación de la oxidación se expresa con los siguientes términos:

Nada: panel sin oxidación

Muy poco: no más de 5 pequeños puntos (0,5 mm de diámetro) de oxidación muy superficial.

Poco a regular: no más de 5 pequeños puntos (0,5 mm de diámetro) de oxidación superficial.

Mucho: cuando la oxidación es mayor que la del caso anterior.

De acuerdo con dicho criterio, cumplen la norma citada (tabla IV) las pinturas Z 7, Z 8 y Z 9, cuyo vehículo está constituido por caucho clorado, plastificado con parafina clorada.

Las restantes pinturas no cumplen la norma. Sin embargo es necesario destacar que las muestras Z 2/3, Z 5, Z 16/18 y Z 19/21 (a base de resinas epoxídicas y de sus ésteres), la oxidación está localizada dentro de los 2 a 3 cm a partir de los bordes. Esto podría estar asociado con la dificultad que existe para lograr una película continua en dicha zona empleando chapá de acero de 1,5 mm de espesor, como en el caso de nuestros ensayos. Esto es más significativo en el caso de los primers de cinc, donde la adhesividad juega un rol importante en su comportamiento. Está programado repetir estas experiencias con paneles de mayor espesor, de cantos redondeados, a fin de verificar el comportamiento de dichas pinturas.

En cuanto al ampollado, el menor grado se observa en

T A B L A V

RESULTADOS DEL ENSAYO EN Balsa

(Paneles de faja de flotación, terminación pintura B)

Pintura:	Z 1	Z 2	Z 3	Z 4	Z 5	Z 6	Z 16	Z 17	Z 18	Z 19	Z 20	IRAM 1185
<u>Parte emergida:</u>												
Cambio de color.....	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ampollado.....	6*	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Cuarteado.....	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Desprendimiento.....	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Oxidación:												
2 m línea flotación.....	28	7	7	35	14	7	28	7	7	35	35	35
3 m línea flotación.....	35	7	7	35	21	14	35	7	7	35	35	
<u>Parte sumergida:</u>												
Desprendimiento.....	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ampollado.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Oxidado:												
2 m línea flotación.....	0	0	0	12	0	0	8	0	0	12	16	20
3 m línea flotación.....	8	4	4	16	4	4	12	4	4	12	20	

* Ampollado sólo en la zona cubierta con dos manos de pintura B.

En la observación realizada a los 3 meses de inmersión era notable el ampollado en la parte sumergida de todos los paneles. En la parte emergida, la oxidación avanza desde la línea de flotación, sin llegar al tercio superior. En ningún caso se observa afloramiento de productos de corrosión del cinc.

los primers que incluyen aluminio en su composición. La única excepción está dada por la muestra Z 3.

Los resultados de los ensayos en la zona de carena ponen de manifiesto la importancia fundamental que tiene la impermeabilidad y resistencia de la película de pintura intermedia sobre el comportamiento de los primers de cincexpuestos en dichas condiciones.

La presencia de esta pintura intermedia permite observar la influencia que ejerce el aluminio incorporado en las formulaciones.

Restaría repetir estas experiencias aumentando el espesor de película de pintura intermedia, o modificando las características de su vehículo, a los efectos de comprobar como influyen dichas variables sobre el comportamiento de los primers.

4. Ensayos de laboratorio

Paneles preparados en forma similar a los del ensayo de exposición al exterior fueron sometidos a 1 400 horas de envejecimiento acelerado en Weather-Ometer Atlas Sunshine Arc (Modelo XW). Se realizó una observación parcial a las 700 horas. El período indicado en primer término corresponde aproximadamente a 4 años a la intemperie.

Se practicó un ensayo de inmersión en solución de cloruro de sodio al 3,5 por ciento, durante 200 horas; los paneles se prepararon en forma semejante a los del ensayo en balsa para la zona de línea de flotación.

Paneles similares a los del ensayo anterior fueron expuestos en la cámara de niebla salina durante 140 días (6 horas de pulverización diaria con solución de cloruro de sodio al 5 por ciento a 35°C, 18 horas en ambiente saturado a temperatura de laboratorio), practicándose observaciones periódicas.

No ha sido posible establecer correlación entre los resultados de estos ensayos de laboratorio y los que se obtienen a la intemperie y en balsa.

TABLA VI

RESULTADOS DEL ENSAYO EN Balsa

(Paneles de carena, terminación pintura intermedia C y pintura antiincrustante D)

Pintura	Ampollado*	Oxidación del panel		Fouling
		Centro	Bordes**	
Z 1	Nada	Mucho	Mucho	Nada
Z 2	Nada	Nada	Poco	Nada
Z 3	Poco	Nada	Poco	Nada
Z 4	Poco	Mucho	Mucho	Nada
Z 5	Nada	Nada	Poco	Nada
Z 6	Nada	Mucho	Mucho	Nada
Z 7	Poco	Poco	Muy poco	Nada
Z 8	Nada	Poco	Muy poco	Nada
Z 9	Nada	Nada	Nada	Nada
Z 10	Mucho	Mucho	Mucho	Nada
Z 11	Mucho	Mucho	Mucho	Nada
Z 12	Poco	Mucho	Mucho	Nada
Z 13	Poco	Mucho	Mucho	Nada
Z 14	Poco	Mucho	Mucho	Nada
Z 15	Muy poco	Mucho	Mucho	Nada
Z 16	Poco	Nada	Regular	Nada
Z 17	Poco	Nada	Regular	Nada
Z 18	Muy poco	Nada	Poco	Nada
Z 19	Regular	Nada	Regular	Nada
Z 20	Muy poco	Nada	Poco	Nada
Z 21	Muy poco	Nada	Poco	Nada

* Ampollado: muy poco, hasta 0.5 cm del borde del panel; poco, hasta 1 cm; regular, hasta 3 cm.

** Oxidación en los bordes: muy poco, hasta 1 cm; poco, hasta 2 cm; regular, hasta 3 cm; mucho , mayor de 3 cm.

CONCLUSIONES

a) De acuerdo con los resultados del ensayo de exposición a la intemperie se concluye que:

Para lograr una buena protección anticorrosiva en clima marino (alta concentración de electrolitos), es necesario proteger adecuadamente los primers de cinc.

En climas de menor rigurosidad, como es el caso de la exposición realizada en La Plata, no es necesario recubrir los primers con pinturas de elevada impermeabilidad para lograr buena protección del hierro; en este caso se ha observado además que los primers pueden comportarse satisfactoriamente aún sin la protección de películas de terminación.

El aluminio incorporado en sustitución parcial del cinc evita la formación de ampollas y de productos de corrosión del cinc.

b) El ensayo de inmersión en agua de mar (balsa del LEMIT, puerto de Mar del Plata), sobre paneles de línea de flotación, parcialmente sumergidos, pone de manifiesto que:

El aluminio evita la formación de ampollas en la película de pintura de terminación.

El aumento del espesor de película de la pintura de faja de flotación incrementa la acción protectora de todo el sistema.

La resistencia electrolítica de dicha pintura de terminación es el factor dominante del comportamiento anticorrosivo del sistema.

c) Los resultados obtenidos en el mismo ensayo, pero sobre paneles de carena (inmersión total), demuestran la importancia decisiva que tiene el empleo de una pintura intermedia de elevada resistencia e impermeabilidad.

d) No ha sido posible establecer correlación entre los resultados de los ensayos de laboratorio y los que se obtienen a la intemperie y en balsa.

e) Los fenómenos observados evidencian que se deben tener muy en cuenta las condiciones ambientales al establecer sistemas de pintado que incluyan primers de cinc con vehículo orgánico como anticorrosivo; sólo en base a ello se podrá lograr una buena protección del acero mediante la utilización de estos materiales.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Amalgamated Oxides (1939) Ltd. - Booklet Zincoli Zinc Dusts. Victoria Work, Dartford, Kent, England.
- (2) Vogelgan E. J. - Zinc dust paint; a symposium. Some properties and applications of zinc dust primers. Paint Manuf., 34, 48, (1964).
- (3) Newton D. S. - Zinc dust primers. J. Oil Col. Chem. Ass., 45, 657, (1962).
- (4) Newton D. S. and Guest B. W. - The natural and accelerated weathering of zinc dust primers. J. Oil Col. Chem. Ass., 47, 942, (1964).
- (5) Newton D. S. and Sampson F. G. - The protection of ferrous metals by zinc dust primers. J. Oil Col. Chem. Ass., 48, 382, (1965).
- (6) Pass A. and Meason M. - Zinc dust as a protective pigment. J. Oil Col. Chem. Ass., 44, 417, (1961).
- (7) Lester G. and Proudley F. - Properties of metallic zinc pigments in anticorrosive primers. Paint Manuf., 34, 73, (1964).
- (8) Meiners J. - Poliamide cured epoxy resins as binders for zinc dust primers. Paint Manuf., 34, 51, (1964).
- (9) Norma IRAM 1 185. - Pinturas para uso marino; método de ensayo en balsa de pinturas para carena y faja de flotación.
- (10) Bruzzoni W. O. - Las pinturas de cinc en la protección anticorrosiva del acero. NAVITECNIA, XXII, nº 2, marzo-abril 1968.

- (11) Bruzzoni W. O. - Pinturas anticorrosivas a base de polvo de cinc con vehículo orgánico. Fundamento teórico y ensayos preliminares. VI Simposio sobre Alterabilidad de Materiales, LEMIT, noviembre de 1966.
- (12) Rascio V. - El problema de la corrosión submarina y de las incrustaciones biológicas (fouling) en cascos de barcos. NAVITECNIA, XXI, nº 2, marzo-abril 1967.